

홍삼 가공중 azoxystrobin, fenhexamid 및 cyprodinil 농약의 감소율

임무혁* · 권광일 · 박전상¹ · 이경진² · 장문익 · 윤원갑³ · 최우종 · 유광수 · 홍무기
 식품의약품안전청, ¹부산지방식품의약품안전청, ²경인지방식품의약품안전청, ³서울향료(주)

Reduction Rate of Azoxystrobin, Fenhexamid and Cyprodinil during Ginseng Processing

Moo Hyeog Im*, Kwang Il Kwon, Kun Sang Park¹, Kyung Jin Lee², Moon Ik Chang, Won Kap Yun³,
 Woo Jong Choi, Kwang Soo Yoo, and Moo Ki Hong

Korea Food and Drug Administration,

¹Pusan Regional Korea Food and Drug Administration,

²Gyeongin Regional Korea Food and Drug Administration

³Seoul Perfumery Co., Ltd.

Abstract This study was performed to acquire scientific data for establishing the maximum residue limits (MRLs) of pesticides in Korean red ginseng and its extract. Pesticides (azoxystrobin, fenhexamid, cyprodinil) were applied to a cultivated field of ginseng, and the fresh ginseng was harvested and processed to make Korean red ginseng and its extract. The reduction rates of the residue pesticides were calculated by determining the pesticide contents in each stage of ginseng processing. The residue levels in fresh ginseng were 0.12 ppm for azoxystrobin, 0.19 ppm for fenhexamid, and 1.78 ppm for cyprodinil. The residue levels in Korean red ginseng were 0.24, 0.54, and 1.49 ppm, and in the extract 0.81, 1.93, and 3.66 ppm for azoxystrobin, fenhexamid, and cyprodinil, respectively. The steaming and processing of fresh ginseng increased azoxystrobin and fenhexamid residues, but cyprodinil was reduced. The reduction rates (dry basis) of azoxystrobin, fenhexamid, and cyprodinil were 0.66, 0.94, and 0.28 for Korean red ginseng, and 3.25, 4.94, and 1.01 for the extract, respectively.

Key words: Korean red ginseng, Korean red ginseng extract, maximum residue limits (MRLs), reduction rate of pesticides

서 론

인삼은 일반작물과는 달리 그 생육이 비교적 낮은 광도의 빛만을 필요로 하는 반음지성 식물로서, 우리나라에서 재배되는 인삼의 학명은 *Panax ginseng* C.A. Meyer이다. 인삼산업법에 의하면 인삼은 수삼을 말리지 않은 것, 홍삼은 수삼을 증기 또는 기타 방법으로 쪄서 익혀 말린 것, 백삼(건삼)은 햅볕 또는 열풍 등의 방법으로 말린 것으로 정의되어 있다(1). 또한 홍삼농축액은 수삼을 증기 또는 기타의 방법으로 쪄서 익혀 말린 홍삼으로부터 물이나 주정 또는 물과 주정을 혼합한 용매로 추출 여과한 가용성 홍삼성분을 그대로 농축한 것으로 건강기능식품공전에 정의되어 있다(2). 인삼은 일광을 차단하는 해가림시설에서 생육하기 때문에 내비·내병성에 약하고 오랜 기간(4-6년) 같은 곳에서 재배되므로 각종 병해충과 생리장애에 의해 생산량 및 품질이 저하되므로 이를 방지하기 위하여 농약을 사용·등록하여 관리하고 있다(3-5). 일본과 독일 등의 유럽지역에서도 잔류농약에 관한 규제가 강화되어 무역장벽으로 작용하고 있다. 또한 소비자들에게 잔류농약에

의한 위해 요인을 제거할 필요성이 제기되고 있고(6), 저질 외국산 인삼의 수입억제 및 국내 인삼산업의 보호를 목적으로 인삼의 농약잔류허용기준을 설정하였다(7). 그리고 이후 추가로 잔류허용기준이 설정되었으며 건삼(홍삼)을 기준으로 수삼 25%, 인삼(홍삼)농축액 200%로 모든 농약에 동일한 기준을 적용하였다(8). 그러나 당시에 설정된 diazinon 등 11종 농약은 가공 시에도 잘 분해되지 않는 것이 대부분(9)이었으나 이후에 새롭게 등록된 농약들은 쉽게 분해되는 농약임에도 불구하고 동일한 기준 적용원칙을 적용하였다. 이러한 적용원칙은 잔류된 농약이 분해되지 않는다는 가정 하에 가공과정 중 단순한 수분 증감에 따른 계수를 적용하였다. 수삼을 이용하여 건삼과 농축액을 제조할 경우 잔류된 농약의 상당량이 감소된다는 연구 결과(10)를 볼 때 홍삼 및 농축액 제조공정에서 상당량이 분해되거나 제거되어 감소될 것으로 예상된다. 인삼 재배중 뿌리썩음병(2종), 잣빛곰팡이(11종), 점무늬병(10종), 역병(3종), 탄저병(4종), 갈록병(4종), 모질록병(1종), 흰가루병(1종) 방제를 위하여 총 36종의 농약이 사용 등록되어 있다(11). 잣빛곰팡이 방제를 위한 fenhexamid는 수확 21일전, 점무늬병과 탄저병 방제를 위한 azoxystrobin은 수확 7일전, 점무늬병 방제를 위한 cyprodinil은 수확 21일 전까지 사용가능한 농약으로 현행 수삼에 대한 농약잔류허용기준은 fenhexamid 0.3 ppm, azoxystrobin 0.5 ppm, cyprodinil은 2.0 ppm으로 설정되어 있다(12). 수삼은 건삼(백삼), 홍삼, 인삼농축액, 홍삼농축액 등의 제품으로 가공되어 주로 유통되고 있으며, 이를 제품은 수분의 감소 및 제품 성분의 농

*Corresponding author: Moo-Hyeog Im, Korea Food & Drug Administration, 194 Tongil-ro Eunpyung-gu, Seoul 122-704, Korea
 Tel: 82-2-380-1674
 Fax: 82-2-355-6037

E-mail: imh0119@kFDA.go.kr

Received February 13, 2007; accepted August 21, 2007

Table 1. Physicochemical properties of pesticide

	Fenhexamid	Azoxystrobin	Cyprodinil
Structure			
Formula	$C_{14}H_{17}Cl_2NO_2$	$C_{22}H_{17}N_3O_5$	$C_{14}H_{15}N_3$
Molecular weight	403.39	302.20	225.3
M.P.	116°C	153°C	75.9°C
Activity	Fungicides (anilide fungicides)	Fungicides (strobilurin fungicides)	Fungicides (pyrimidine fungicides)

축으로 인하여 성분의 변화가 다양하게 일어날 수 있다. 이러한 인삼의 가공과정 중 열에 의한 성분변화의 대부분 연구는 폴리페놀, 플라보노이드 및 ginsenoside 함량 변화(13), 갈색도 및 흥색도, 말톨 성분 변화(14), 사포닌, 아미노산의 변화(15) 등과 같은 특정 성분 변화가 대부분이다. 인삼 가공중 농약의 변화에 대한 연구는 수삼을 이용하여 열풍으로 건조하여 제조한 건삼 및 인삼농축액을 제조한 후 농약성분의 변화 연구(10)를 제외하면 거의 없는 실정이다. 본 연구는 수삼 재배시 사용되는 농약 3종(fenhexamid, azoxystrobin, cyprodinil)에 대하여 홍삼 및 홍삼농축액으로 가공중 잔류된 농약의 변화를 조사하고, 연구결과를 과학적인 농약잔류허용기준 설정 기초 자료로 이용하고자 하였다.

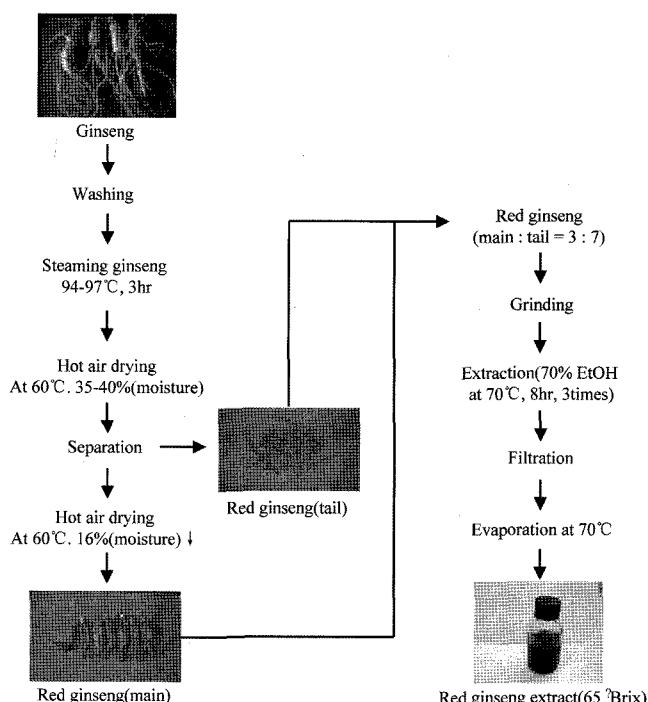
재료 및 방법

실험 재료 및 농약처리 방법

본 연구에 사용한 인삼은 충청북도 충주시 주덕면에 소재하는 4년근 인삼포를 50칸(180 cm × 70 cm/칸)을 임대하여 인삼을 재배하였다. 인삼에 사용 등록된 농약 중 Table 1의 fenhexamid(수화제, 50%, 젓빛곰팡이병), azoxystrobin(액상수화제, 20%, 점무늬병, 탄저병), cyprodinil(입상수화제, 50%, 점무늬병) 3종을 시중 농약상에서 구입하여 농약안전사용기준(11)에 따라 물에 회석하여 배부식 분무기를 사용하여 인삼 전면에 균일하게 약액이 충분히 흐르도록 살포하였다. 그리고 수삼에 농약성분을 잔류허용기준과 비슷하게 잔류시키기 위하여 농약안전사용기준의 2배량을 7일 간격으로 살포하여 인위적으로 잔류시켜 수확하였다. 농약 살포시 각 성분 당 3개 구역(3칸씩)으로 나누어 살포한 후 1개 구역당 약 5 kg을 수확하여, 홍삼 및 농축액으로 가공하고 각 시료에 대해 잔류농약 분석은 3회 반복으로 실시하였다.

가공방법

홍삼과 홍삼농축액은 시판되는 제품과 동일한 제조방법으로 금산소재 W사의 제조방법을 벤치마킹하여 Fig. 1과 같이 수삼 5 kg을 94-97°C 증기를 이용하여 3시간 동안 증자하였다. 그리고 60°C의 열풍으로 수분함량이 35-40%까지 건조한 후 미삼과 본삼을 분리하였으며, 분리한 본삼은 60°C 열풍으로 수분함량이 16% 이하가 될 때까지 건조하였다. 건조된 홍삼의 본삼과 미삼을 3:7의 비율로 하여 분쇄하고 분말 150 g을 Sung과 Yang(16)이 최대 수율을 나타낸다고 연구된 70% 에탄올 1,500 mL로 70°C로 8시간 가열하여 추출하였으며 이 과정을 3회 반복한 후 최적 70°C로 감압하여 농축하여 홍삼농축액이 식품공전상 기준·규격(8)에

**Fig. 1. Process diagram of Korean red ginseng and extract.**

적합할 수 있도록 65°Brix가 되게 pilot scale로 제조하였다. 홍삼농축액의 제조용 본삼과 미삼의 3:7 비율은 시판되는 홍삼농축액 제조시 일반적으로 사용하는 배합비를 이용하였다.

홍삼의 가공단계별 감소계수 산출

원료 수삼을 홍삼과 홍삼농축액으로 가공하면서 가공단계별로 각 제품의 잔류농약을 분석하고 그 농도를 원료수삼의 농도로 나누어 가공계수(가)를 산출하고 각 제품의 수분 함량을 고려하여 건물기준(나)으로 잔류농약의 절대량으로 가공에 따른 감소계수(다)를 산출하였다. 가공수율은 원료에 대한 제품 비로 산출(라) 하였으며 수분함량은 105°C 상압기열 건조법으로 측정하였다.

(가) 가공계수((processing factor(wet base))

= 홍삼제품의 농약잔류량(wet base)/수삼의 농약잔류량(wet base)

(나) 건물 기준 잔류량(dry base)

= (인삼제품의 농약잔류량 × 100)/(100 - 수분함량)

Table 2. GC condition for analysis of pesticides in ginseng products

	Fenhexamid	Azoxystrobin	Cyprodinil
GC System		Agilent 6890 GC	
Column	Ultra-2 J&W (50 m × 0.2 mm × 0.33 μm film thickness)		
Carrier gas	N ₂ 1 mL/min (constant flow mode)		
Detector	ECD ^{a)}		NPD ^{b)}
Split ration	40 : 1		30 : 1
Injection Vol.		1 μL	
Injection Temp.		260°C	
Detector Temp.		300°C	
Oven Temp.	215°C (20 min) → 5°C/min → 225°C (15 min) → 30°C/min → 300°C (20 min)	250°C (20 min) → 5°C/min → 280°C (25 min)	80°C (2 min) → 10°C/min → 160°C (20 min) → 20°C/min → 280°C (20 min)

^{a)}Electron Capture Detector, ^{b)}Nitrogen Phosphorus Detector.

Table 3. Yield, conversion factor, moisture and pure extract during ginseng processing

	Fresh ginseng	Red ginseng	Red ginseng extract
Yield (%)	100	30.20	20.84
Conversion factor ^{a)}	1.0	3.3	4.8
Moisture (%)	71.80 ± 0.37	15.60 ± 0.24	42.60 ± 0.42
Pure extract (°Brix)	-	-	64.93 ± 0.52

^{a)}Yield of fresh ginseng/Yield of red ginseng.

(다) 감소계수[Reduction factor(dry base)]

= 홍삼제품의 농약잔류량(dry base)/수삼의 농약잔류량(dry base)

(라) 가공수율(%)

= (수삼의 수율/홍삼의 수율) × 100

시료 전처리 및 분석기기

수삼 및 홍삼가공품의 잔류농약 분석은 식품공전 농약잔류분석법 중 83번 방법(8)을 변형하여, 수삼 50 g, 홍삼 10 g, 홍삼농축액 5 g을 blender에 취하여 종류수 일정량을 가하여 1시간 방치한 후 acetonitrile 200 mL를 가한 후 homogenizer로 10분간 균질화하고 감압 여과하여 250 mL 분액 깔때기에 옮겼다. 여기에 물총을 분리하기 위하여 sodium chloride 5 g을 넣고 10분간 심하게 진탕하여 섞은 후, 4°C 냉장고 안에서 방치하여 층을 분리하였다. 물총을 제거하고 유기용매총을 삼각플라스크에 받아서 무수황산나트륨을 가하여 탈수시킨 후, 등근바닥플라스크에 담아 40°C 이하 수욕조상에서 감압 농축하였다. 감압 농축된 잔류물을 hexane 4 mL로 녹인 후 florisol 10 g과 무수황산나트륨 3 g이 충진된 open column(15 mm × 400 mm)에 loading한 후, 20% acetone/hexane 200 mL를 사용하여 용출 시켰다. 용출액은 40°C 이하 수욕조상에서 농축기를 이용하여 농축한 후 20% acetone/hexane 3 mL에 녹여 시험용액으로 사용하였으며 잔류농약분석을 위한 분석기기

조건은 Table 2와 같다. Fenhexamid, azoxystrobin, cyprodinil은 Dr. Erenstorfer사(Germany)의 것을 구입하여 표준품으로 사용하였다.

결과 및 고찰

인삼포에 재배중인 수삼에 농약을 인위적으로 fenhexamid, azoxystrobin, cyprodinil 농약을 살포하고 수확한 후 홍삼 및 홍삼농축액으로 제조하여 각 제품의 가공수율, 수분 및 고형분 함량을 조사한 결과 Table 3과 같았다. 수삼을 홍삼으로 가공하였을 때 가공수율은 원료수삼 100을 기준으로 홍삼이 30.2%였으며 홍삼으로 제조한 홍삼농축액의 경우 20.8%로 나타났다. 그리고 수삼을 이용하여 홍삼으로 제조할 경우, 중량이 약 3.3배가 감소되었고 홍삼농축액으로 가공할 경우에는 약 4.8배 감소됨을 알 수 있었다. 원료수삼을 홍삼으로 가공하였을 때 가공수율에 따른 환산계수는 수삼의 수율을 제품의 수율로 나누어서 홍삼 및 홍삼농축액으로 가공할 경우 농축되는 비율은 홍삼이 3.3, 홍삼농축액이 4.8로 나타나 농약 성분이 분해되지 않고 그대로 존재할 경우 잔류될 수 있는 양을 예측할 수 있는 계수이다. 수삼의 수분 함량은 71.8%였고 홍삼은 15.6%였으며 홍삼농축액의 경우는 42.6%의 수분함량을 보였으며 이때 홍삼농축액의 고형분 함량은 약 65°Brix였다. 수삼에서 건삼과 인삼농축액 제조시 수율이 33.2%, 16.8%, 환산계수는 3.0, 5.9, 수분은 10.7%, 42.4%로 나타나 홍삼 및 홍삼농축액 제조시 감량률이 높은 것으로 나타났다(10). Table 4에는 azoxystrobin 및 fenhexamid는 0.125 ppm, cyprodinil은 0.75 ppm을 수삼, 홍삼 및 홍삼농축액에 첨가하여 회수율을 조사한 결과, 70% 이상의 양호한 결과를 보였으며, 검출한계는 0.01, 0.05, 0.05 ppm로 조사되었다. Fig. 2에는 GC를 이용하여 수삼, 홍삼 및 농축액의 대조구 시료와 농약이 처리된 시료를 불순물의 방해 없이 분리된 크로마토그램을 나타내었다.

Table 5에는 인삼을 재배하면서 살포한 3종의 농약에 대한 수삼, 홍삼 및 홍삼농축액의 잔류량을 나타내었다. Azoxystrobin은 수삼에서 0.12 ppm, 홍삼 0.24 ppm, 홍삼농축액 0.81 ppm, fenhex-

Table 4. Recovery and LOD for pesticide analysis

Spiking level (ppm)	Recovery (%)			LOD ^{a)} (ppm)	
	Fresh ginseng	Red ginseng	Red ginseng extract		
Azoxystrobin	0.125	71.27 ± 1.72	78.18 ± 0.96	85.34 ± 0.87	0.01
Fenhexamid	0.125	74.01 ± 1.23	80.54 ± 2.04	82.20 ± 1.75	0.05
Cyprodinil	0.75	101.78 ± 2.65	98.37 ± 1.92	95.37 ± 1.68	0.05

^{a)}Limit of determination.

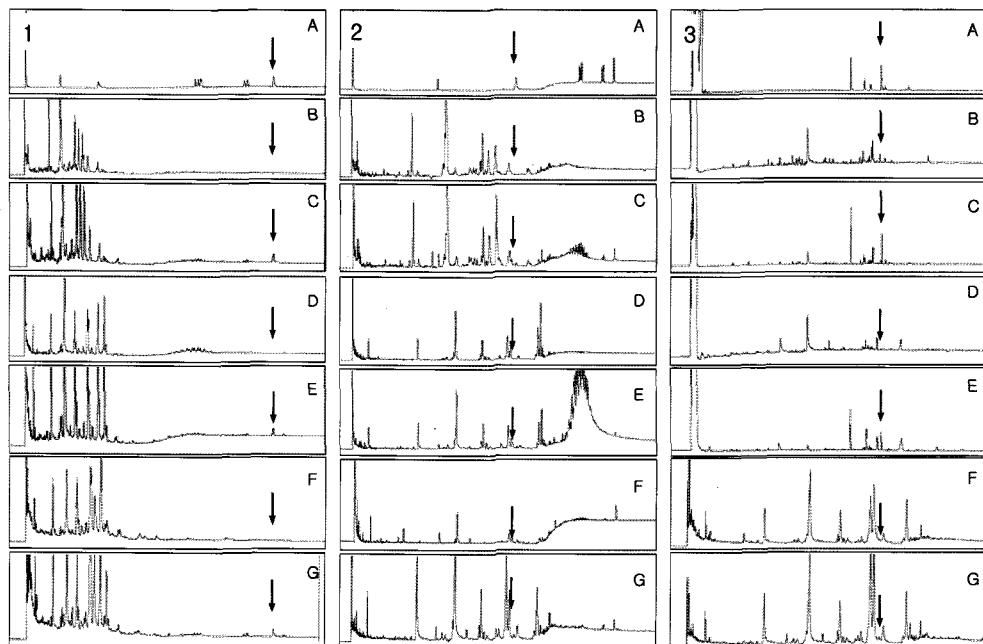


Fig. 2. Typical chromatograms obtained for GC-ECD/NPD analysis. 1: azoxystrobin, 2: fenhexamid, 3: cyprodinil, A: The standard of pesticide, B: Control of fresh ginseng, C: Fresh ginseng treated pesticide, D: Control of red ginseng, E: Red ginseng treated pesticide, F: Control of red ginseng extract, G: Red ginseng extract treated pesticide.

Table 5. Analytical result of pesticide residues in ginsengs and extract (unit: ppm)

	Fresh ginseng	Red ginseng	Red ginseng extracts
Azoxystrobin	0.12 ± 0.01	0.24 ± 0.96	0.81 ± 0.12
Fenhexamid	0.19 ± 0.01	0.54 ± 0.09	1.93 ± 0.35
Cyprodinil	1.78 ± 0.16	1.49 ± 0.59	3.66 ± 2.22

Table 6. Reduction factor of pesticide residues during ginseng processing (wet base)

	Fresh ginseng	Red ginseng	Red ginseng extracts
Azoxystrobin	1.00	2.00	6.75
Fenhexamid	1.00	2.84	10.16
Cyprodinil	1.00	0.84	2.06

amid는 수삼 0.19 ppm, 홍삼 0.54 ppm, 홍삼농축액 1.93 ppm, 으로 가공 후 잔류농도가 증가하는 경향을 보였다. Cyprodinil은 수삼에서 1.78 ppm이 홍삼으로 가공하였을 때 1.49 ppm로 감소되었으나, 홍삼농축액으로 가공된 후에는 3.66 ppm으로 증가되는 결과를 보였다. Table 6의 수삼 농약잔류량을 1로하고 홍삼과 홍삼농축액 중 농약잔류량을 상대적으로 표현하는 가공계수(wet base)를 비교한 결과, cyprodinil의 경우 홍삼에서 0.84로 감소하는 것으로 나타났으나, azoxystrobin과 fenhexamid는 2.0, 2.84로 증가하였다. 홍삼농축액은 cyprodinil 2.06, azoxystrobin 6.75 및 fenhexamid 10.16으로 농축액으로 제조할 경우 농약에 따라 농축되는 경향이 상이하게 나타났다. 이 결과는 건삼제품의 가공과정 중 잔류농약의 감소율 결과(10)와 유사한 경향을 보여 수삼은 열처리 과정을 거치면서 농약성분에 따라 분해되는 정도가 서로 상이하여 이러한 감소정도를 인삼의 농약잔류허용기준 설정시 적용하는 것이 옳을 것으로 판단되었다. 인삼을 가공하면서 각 제

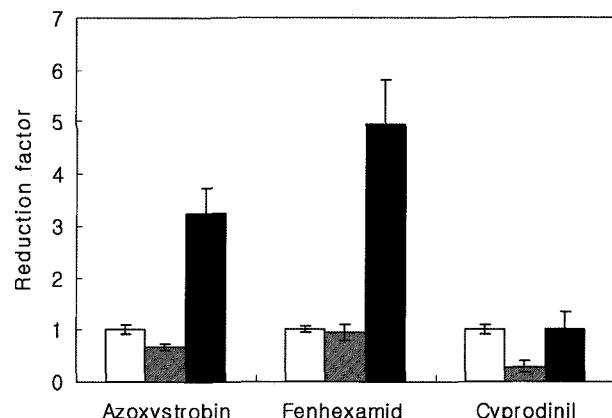


Fig. 3. Reduction factor of pesticide residues during ginseng processing (dry base). □: Fresh ginseng, ■: Red ginseng, ▨: Red ginseng extract.

품의 잔류농약을 분석한 크로마토그램은 Fig. 2와 같았다. Fig. 2는 azoxystrobin, fenhexamid, cyprodinil이 잔류된 수삼, 홍삼 및 농축액과 농약이 처리되지 않은 시료를 농약 잔류시험법에 따라서 전처리 한 크로마토그램을 비교하여 나타내었다. Fig. 3은 인삼을 전물기준으로 잔류농약의 절대량으로 감소계수(dry base)를 나타낸 결과로 홍삼으로 가공시 fenhexamid는 0.94, azoxystrobin은 0.66, cyprodinil은 0.28로 대부분 감소하는 것으로 조사되었다. 홍삼농축액은 가공한 후 농약 성분의 절대량을 나타낸 감소계수는 azoxystrobin 3.25, fenhexamid 4.94, cyprodinil 1.01이었다. 본 연구 결과는 단일원료로 가공된 홍삼 및 홍삼농축액의 농약잔류허용기준을 위한 기초 자료로 활용될 수 있으며, 향후 수삼을 이용하여 가공한 건삼, 홍삼, 인삼농축액, 홍삼농축에 대한 농약잔류허용기준은 가공에 의한 농약성분의 감소 및 증가에 따라 각각에 대하여 설정하는 것이 합리적일 것으로 판단되었다.

요 약

본 연구는 홍삼 및 농축액의 합리적인 농약잔류허용기준 개정을 위한 과학적인 자료를 얻고자 수행하였다. 인삼 재배 시에 사용 등록된 농약 3종(azoxystrobin, fenhexamid, cyprodinil)을 인삼 포에 직접 살포하여 수확한 수삼을 홍삼과 농축액으로 직접 제조하였다. 수확한 수삼에 azoxystrobin 0.12 ppm, fenhexamid 0.19 ppm, cyprodinil 1.78 ppm이 잔류하였으며 농약이 잔류된 수삼을 원료로 홍삼 및 농축액으로 가공하여 각 제품의 농약 잔류량을 조사한 결과 fenhexamid의 경우 홍삼에 0.54 ppm, 홍삼농축액에서 1.93 ppm이 잔류하였다. Azoxystrobin은 홍삼에서 0.24 ppm, 홍삼농축액에서 0.81 ppm이 잔류하여 가공단계를 거치면서 증가하였다. 그러나 cyprodinil의 경우 1.78 ppm이 잔류된 수삼이 홍삼으로 가공되면서 1.49 ppm으로 감소하였으나 홍삼농축액에서는 3.66 ppm으로 증가하였다. 농약이 잔류된 수삼을 이용하여 홍삼과 농축액 제조시 azoxystrobin, fenhexamid, cyprodinil의 감소계수(dry base)는 홍삼에서 0.66, 0.94, 0.28, 홍삼농축액에서 3.25, 4.94, 1.01이였다.

문 헌

- MAF. Ginseng Industry Act. Notification No. 1238. Ministry of Agriculture & Forestry Republic of Korea. Gwacheon, Korea (1996)
- KFDA. Health Functional Food Code. Korea Food & Drug Administration. Seoul, Korea. pp. 45-55 (2006)
- Roh SW, Kim HH, Ku YC, Jo JS, Pyon JY. Occurrence and distribution of weeds in ginseng gardens in Korea. Korean J. Weed Sci. 22: 350-358 (2002)
- Kim HK, Lee KS. Effect of coverings on the growth of ginseng

and the persistency of procymidone in growing soils. Korean J. Environ. Agric. 21: 24-30 (2002)

- Park CG, Seo YT, Lee JG, Han TS, Kang KY, Kim G, Kim YH, No KB, Ryu KJ, Moon YH, Son HJ, You JH, Lee KS, Lee SK, Lee YD, Heo JH, Hwang YC. Biochemistry and Uses of Pesticide. Shinil Book Publication, Seoul, Korea. pp. 10-30 (1994)
- Joint FAO/WHO meeting on pesticide residues, Pesticide residues in food - Toxicological and environmental core assessment groups. Rome, Italy (1995)
- MHW. Notification No. 1995-42. Ministry of Health & Welfare, Seoul, Korea (1995)
- KFDA. Food Code. Korea Food & Drug Administration. Seoul, Korea. p. 149 (2004)
- Kim TK, Kim JE. Extraction of pesticide residues in ginseng by microwave. J. Food Hyg. Saf. 14: 365-371 (1999)
- Im MH, Kwon KI, Park KS, Choi DM, Chang MI, Jeong JY, Lee KJ, Yun WK, Hong MK, Woo GJ. Study on reduction factors of residual pesticides in processing of ginseng (I). Korean J. Pesticide Sci. 10: 22-27 (2006)
- KCPA. Safe Use Standards of Pesticides. Korea Crop Protection Association. Seoul, Korea (2004)
- KFDA. Notification No. 2006-15. Korea Food & Drug Administration. Seoul, Korea (2006)
- Yang SJ, Woo Ks, Yoo JS, Noh YH, Lee JS, Jeong HS. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. Korean J. Food Sci. Technol. 38: 521-525 (2006)
- Ha DC, Lee JW, Do JH, Park CK, Ryu GH. Drying rate and physicochemical characteristics of dried ginseng root at different temperature. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33: 741-746 (2004)
- Ha DC, Ryu GH. Chemical components of red, white, and extruded root ginseng. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 247-254 (2005)
- Sung HS, Yang CB. Effect of ethanol concentration on saponin composition of red ginseng extract. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 227-231 (1995)